菇類栽植盛盤自動化上下架系統之開發

The development of mushroom planting tray automatic shelving system

邱相文[1*]、石信德[2]、呂昀陞[3]
[1]行政院農業委員會農業試驗所農業工程組 副研究員
[2]行政院農業委員會農業試驗所植物病理組 研究員
[3]行政院農業委員會農業試驗所植物病理組 助理研究員
[*]電子郵件：Chiusw.gov.tw；傳真：04-23330653

摘 要

傳統菇類太空包栽培從接種、走菌到出菇等整個生產流程通常會利用不同的庫房以不同環境條件進行生長栽培，因此太空包栽植盛盤在各不同庫房之間的輸送搬運，以及在庫間內立體栽培承架之間的太空包栽植盛盤上下架作業便成為太空包菇類栽培最耗費勞力與時間投入的作業生產流程。目前政府正在積極的發展智慧農業，菇類產業已被列為智慧農業領航產業之一，其重要研究發展項目便涵蓋菇類產業生產設備自動化升級與智慧化環控系統的整合。由於我國菇類產業面臨嚴重的勞力不足問題與自動化智慧生產設備的缺乏，產業發展更面臨強大的區域市場競爭壓力，因此為提升產業動能與進行產業再造而導入智慧農業相關技術便成解決上述問題的不二法門。

本研究採用自動化倉儲系統物流出入庫的作用原理進行菇類栽植盛盤自動化出入庫與上下架系統的研製發展，目前已研製完成一套可資利用於菇類栽培庫間內之立體栽培承架間的太空包栽植盛盤的自動化出入庫與上下架無人化作業。本系統可以完全取代人力操作，且作業效能極高，庫間內太空包栽植盛盤位置與數量、環控條件均可透過無線網路進行遠端監控，因此本系統與傳統人力作業方式相比可節省約 90%的勞力投入，並提升作業效率達傳統作業方式的 5 倍以上。另外，因為本作業系統完全不用利用人力進行搬運或檢驗，因此在太空包的汙染問題上可以降到最低。

關鍵詞：菇類、自動化、上下架系統、省工栽培

緒 言

生鮮菇類的生產至運銷分為四個階段，第一個階段是將菇類菌種接種至滅菌過的栽培瓶或太空包進行走菌，第二個階段是將長滿菌絲的栽培瓶或太空包移至環境控制的出菇室進行出菇管理工作，第三個階段是進行菇體(子實體)的採收

及包裝，第四個階段則是利用物流方式進行菇類產品的運銷與販售。目前國內菇類業者從栽培瓶或太空包的基質組成、滅菌及植菌之流程、走菌及出菇之環控條件、乃至採收等，是根據自有的經驗去做調整控制，雖然現有機器及設備可以進行相關生產操作，但目前仍欠缺整合或還有缺口，這些問題分析如下：(1)生產面仍無法全面自動化，如專業製包場或一貫式金針菇或杏鮑菇等環控生產場的太空包製作的流程仍屬半自動化，每條生產線需要 5-6 人方能操作。出菇室囿於空間限制，栽培瓶或太空包的上架及下架仍仰賴人員爬上爬下，除需人力搬運外，且有公安的風險。

整體而言，臺灣菇類產業除需提升各個環節的自動化程度之外，尚有產業上所亟需投入開發的自動化機械技術缺口，盤點相關技術缺口以菇類自動化採收機械系統為目前菇類產業所最需突破之整體自動化系統瓶頸所在。另外，現今產業所應用的機械作業系統仍缺乏智慧 化管理技術的導入與通栽培及資訊平臺，將菇類生產所需之系統進行整合並將資訊介接儲存於平臺上，研發菇類智慧化栽培管理決策系統並有效利用，使臺灣菇類產業進一步升級。

萵苣植物工廠自動化作業系統於杏鮑菇栽培的應用

短期葉菜類植物工廠大多採用多層架立體化養液水耕栽培方式進行，在育苗完成後的幼苗需移植到水耕栽培板上，然後再將移植幼苗後的栽培板以人工作業的方式放置到立體化栽培承架的各層養液栽培植床上，完成植株栽培板的定植作業；相反的，採收作業便為定植作業的逆向作業動作。然而，採收作業時因栽培板上的作物已經熟成，植株高度與重量都不小，因此會造成立體化栽培承架上較高或較低層植床上採收作業的困難與危險。

為解決栽培板於高層架水耕栽培植床上定植及採收人工作業上的困難，農試所研發自動化作業系統進行栽植板於立體化多層次栽培系統的上下架作業應用，大幅提高作業效率及減低人力作業的需求。該系統作業方式為將移植幼苗後的栽植盤(栽培板及栽培板承載盤)，利用機械手臂將其自動定位輸送到多層架立體栽培承架各層植床的養液槽上，放入的栽培盤可在植床上由定植端依次順序往收穫端滑動，進行從幼苗定植到成熟採收的人工光源照射栽培。先前定植於養液槽上的栽培盤，可透過下一次的定植入料作業將栽培盤往後推進輸送。各層作業模式依此類推，便可在同一層的養液槽內進行總共 20 盤/每盤 18 株的計畫性生產作業。採收作業系統位於立體栽培床架系統的另一端，當栽培盤上的作物達到採收標準時，便可利用機械手臂將位於養液槽最末端的栽培盤取出，自動輸送至採收平台進行收穫包裝相關作業如圖 1 所示。

圖 1. 立體化多層次栽培作業系統進行萵苣之栽培情形

一、立體化多層次自動化作業系統應用於杏鮑菇之出菇栽培

本技術應用所建置之立體化多層次栽培植床架系統進行杏鮑菇之出菇栽培利用，以太空包菇包栽植盛盤為一個生產單元，每層栽植床滿載時可放置 20 個栽植盛盤，而每個栽植盛盤可放置 20~24 個太空包，6 層栽培床架共 120 個太空包栽植盛盤，出菇栽培太空包數量可達到 2,400 個至 2880 個，在自動化栽培作業系統可進行菇類太空包栽培的精準智慧化監控生產與管控，並與萵苣一起栽培達到菇菜共生的氣體循環利用目的如圖 2 所示。

圖 2. 利用植物工廠立體化自動化作業系統建構「菇菜共生」循環農業新技術

二、立體化多層次自動化栽培系統的太空包栽培自動化上下架作業應用

(1)自動化上架入庫作業：作業方式為將走菌完後的太空包運用輸送帶及機械手臂的夾持輸送，將每批次 20 包(或 24 包)的太空包置放入栽植盛盤(栽植板及栽植板承載盤)如圖 3 所示，然後利用機械手臂將其自動定位入庫輸送到 1~6 層立體栽培承架的各層栽培植床上進行橫向並排輸送，放入的栽培盛盤可在栽培植床上由入庫移入端依次順序往收穫端滑動，進行從幼菇的入庫出菇栽培到成菇的全環控出菇生長栽培。先前入庫於栽培植床架上的栽培盛盤，可透過下一批次的栽植承盤入庫作業將栽植盛盤往後推進輸送。各層作業模式依此類推，便可在同一層的栽培植床架上進行總共 20 盤/每盤 20~24 包太空包的計畫性生產作。

(2)出庫下架收穫作業：太空包下架採收作業系統位於立體栽培床架的另一端，當栽植盛盤上的太空包達到採收標準時，便可利用機械手臂將位於栽培植床架上最末端的栽植盛盤取出，自動輸送至採收平台進行採收包裝等相關作業。由於菇類全環控栽培場為全年無休的量化型生產模式運作，因此規劃設計採收下架與上架出菇栽培作業以互相串連的方式進行，亦即採收下架作業端機械手臂取出一盤待採摘杏鮑菇栽植盛盤後，另一端即可再輸送一盤走菌好的太空包栽植盛盤。以此類推，同一層植床取出多少栽植盛盤，另一端即可再送入多少栽植盛盤。

圖 3. 利用栽植盛盤架構模式進行杏鮑菇的上架作業應用

菇類自動化上下架系統之建置與應用

菇類栽培目前從接種、走菌到出菇等栽培生長過程因為所需的環境參數不同，必須要將數量極大的太空包盛裝植盤在栽培庫房的栽培承架空間中，以人工作業作方式進行栽培盛盤的上下架的搬運及栽培庫房之間的轉移輸送，惟本項作業需要大量的勞務投入，並且相當費時費力，亟需利用自動化機械來解決目前菇

類產業所面臨的勞力缺乏困境。

為解決上述菇類產業所面臨的問題，農試所採用自動化倉儲系統物流出入庫的作用原理進行研製發展，已完成一套菇類智慧化自動栽培作業系統之研製，應用於太空包栽植盛盤的上下架作業，其系統架構如圖 4 所示。

圖 4. 菇類智慧化自動栽培作業系統

一、系統出入庫上下架功能特性

本系統係利用自動化倉儲系統物流出入庫的作用原理進行研製發展，太空包栽培盛盤由輸送帶輸送至本系統的庫間入口閘門時，系統感測到有盛盤抵達時，便啟動庫間內之輸送帶，將太空包栽培盛盤入庫輸送至一個盛盤出/入庫轉位定植基座上，等待後續的入庫上架定位栽培生長。太空包栽培盛盤上下架輸送作業主機位於栽培庫房中間位置，其為設置於延著兩座立體化多層次栽培承架縱深方向進行進出移動輸送搬運之作業主機，作業主機上並裝設有一具可進行太空包栽培盛盤搬運擷取並進行高低上下定位輸送的機械手臂伸縮搬運平台如圖 5。入庫上架作業時，機械手臂伸縮平台可將位於盛盤出/入庫轉位定植基座的太空包栽培盛盤進行擷取抬離搬運並平移輸送至作業主機中間位置，然後輸送作業主機可依據智慧化控制系統所偵測到的承架空位或指定位置，於栽培承架行列間進行主機的移動搬運，並於隨機或指定定植位置進行上架作業；相同的，盛盤下架出庫作業亦利用相同的作業主機及作業原理進行，另外並可同時進行出入庫與上下架同時進行的高效能的智慧化作業。

圖 5. 太空包栽培盛盤出/入庫轉位定植基座

二、產業利用效益

本作業系統可進行菇類太空包的定位栽植(走菌或出菇)輸送以及後續栽植盛盤栽培生產期間智慧化環控系統進行整合，可以達到菇類栽培品質即時檢驗與產量之即時回報、監控與預測之效能。由於本系統係利用智慧化控制系統進行作業排程進行自動化作業，因此可以完全不需人力進行上下架的作業，因此與傳統人力作業方式可節省約90%的勞力，並提升作業效率達傳統作業方式的5倍以上。另外，因為本作業系統完全不用利用人力進行搬運或檢驗，因此在太空包的汙染可以降到最低。

結　語

本技術開發應用於植物工廠，然後再利用自動倉儲的運作原理，進行菇類栽培的利用，進行菇類立體智慧化栽培作業系統之整合，將菇類太空包於庫間栽培作業所應用之自動化菇包入庫栽培作業系統、多層次立體化太空包生長栽培自動化輸送與檢驗作業系統及自動化太空包出庫移出採收等作業系統，進行一貫化全自動省工栽培生產作業與產程、產質與產量之即時監控環控參數條件之智慧化生產整合系統之研究開發，本系統之有效利用將可更加提高菇類產業的省工自動化程度，大幅提高產能與節省人工成本及提升我國菇類產業之整體競爭力。

引用文獻

1. 劉育姍、康瑋帆、呂昀陞、石信德。2016。我國菇類產業現況與技術發展策略分析。農政與農情 285: 64-69。
2. 石信德。2016。我國菇類產業4.0之作為與期待。台灣農業生物經濟產業的永

續作為研討會。中華永續農業會編印。

3. 石信德、呂昀陞、李瑋崧、陳錦桐、陳美杏、吳寬澤。2016。菇類智慧生產 4.0。菇 類生技產業研討會專刊 p.35-44。
4. 行政院生產力4.0發展方案核定本。2015。行政院科技會報辦公室，188頁。
5. 石信德、謝廷芳。2015。菇類新品項、新技術與多元化產品，以及訓練、技 轉與輔導成果。技術服務26(3)：38。
6. 呂昀陞、石信德、林宗俊、陳宗明。2014。台湾のきのこ産業の歴史と最新動向。2014年度版きのこ年鑑。P.32-40。株式會社特產情報。
7. 石信德、呂昀陞、林宗俊。2014。日本九州地區菇類發展現況(上)。農業世界373:81-85。
8. 石信德、呂昀陞、林宗俊。2014。日本九州地區菇類發展現況(下)。農業世界374:85-89。
9. 石信德、陳錦桐、林宗俊。2014。日本北海道地區菇類發展現況(上)。農業世界375:27-32。
10. 石信德、陳錦桐、林宗俊。2014。日本北海道地區菇類發展現況(下)。農業世界376:71-91。
11. 石信德。食藥用菇類液體菌種栽培技術之潛力。2010。農業生技產業季刊23:26-31。
12. 陳美杏、呂昀陞、石信德。2010。新興菇類的栽培與發展。科學發展446：8 -15。
13. 劉瑋珊。2016。太空包束口翻袋機構之創新設計。國立虎尾科技大學機械設計工程系碩士班碩士論文。
14. 阮忠興。2016。創新菇類智慧製造產線之研究。國立虎尾科技大學機械設計工程系碩士班碩士論文。
15. 黃燿聖。2014。菇類太空包自動化套袋模組之研究。國立虎尾科技大學機械設計工程系碩士班碩士論文。
16. 周榮源。2014。袋式培養基及液態菌接種之自動化加工設備。中華民國新型專利 (M452178)。20.李增偉。2018年7月。菇類太空包製包自動化檢測之研究。國立虎尾科技大學機械工程與設計研究所碩士論文。
17. 周榮源、石信德。2018。智慧化菇類生產技術之前瞻與未來發展。第27屆近代工程技術討論會論文專刊。
18. 周榮源、洪賓志。107年11月30日。菇類太空包溫溼度之無線網路即時檢測菇類太空包溫溼度技術。中國機械工程學會第三十五屆全國學術研討會。國立中正大學。
19. 周榮源、蔡孟佑。107年12月1日。菇類太空包自動化生產線之模擬。中國機械工程學會第三十五屆全國學術研討會。國立中正大學。
20. Cen, J. T., Li, W. S., and Shih, H. D. Practical training for substrate preparation techniques for mushrooms. Pages 78-86in: International Training Course on Edible Mushroom Production for Asian Farmers and Entrepreneurs. M. H. Chen,

T. Y. Ku, and H. D. Shih. ed. 100pp. Special Publication of TARI No. 148. Taichung, Taiwan.
21. Rong-Yuan Jou, Chih-Jen Lee, BAG PACKAGING MECHANISM FOR MUSHROOM CULTIVATION, US Patent/Application Number 14/979,599.